

УДК 621.311.22

В.А. Кишневский, канд. техн. наук, проф.,
Л.В. Петрикевич, магистр,
Одес. нац. политехн. ун-т

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНИРОВАННЫХ ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ВЫСОКОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

В.П. Кишневський, Л.В. Петрикевич. Дослідження ефективності комбінованих установок підготовки води високої продуктивності. Розглянуто схеми для підготовки води високої якості з використанням технології зворотного осмосу, проведено розрахунок схем за експлуатаційними витратами. Запропоновано методи запобігання утворенню відкладень на мембранах та заходи для покращення ефективності видалення домішок з води.

В.А. Кишневский, Л.В. Петрикевич. Исследование эффективности водоподготовительных установок высокой производительности. Рассмотрены схемы для подготовки воды высокого качества с использованием технологии обратного осмоса, проведен расчет схем по эксплуатационным расходам. Предложены методы предупреждения образования отложений на мембранах и мероприятия для повышения эффективности удаления примесей из воды.

V.A. Kishnevsky, L.V. Petrikevich. Research on the efficiency of high productivity combined systems for preparing water. The schemas for preparing high quality water using the reverse osmosis technology are considered and the calculations of the schemas by maintenance charges are done. The methods to prevent membranes fouling and actions to increase the efficiency of removing scale from water are proposed.

Обратный осмос считается одним из перспективных методов опреснения и частичного обессоливания воды. Относительно невысокая энергоемкость процесса, простота аппаратурного оформления, компактность и высокая степень автоматизации установок обратного осмоса (УОО) способствует внедрению метода при обработке морских, речных и сточных вод для коммунального и сельскохозяйственного водоснабжения, пищевой и фармацевтической отраслей промышленности, где работает около 100 гиперфильтрационных установок производительностью 1...5 м³/ч. Однако обратноосмотический метод опреснения не нашел пока широкого практического применения в энергетике. В последнее время разрабатываются проекты крупных УОО производительностью 100...500 м³/ч взамен существующих ионообменных водоподготовительных установок, что обусловлено ростом цен на реагенты для ионитного обессоливания, а также резким ухудшением экологической обстановки и, следовательно, более жестким контролем за сбросами сточных вод [1].

Целесообразность применения УОО определяется в каждом конкретном случае и зависит от множества факторов. Важнейший вопрос, возникающий при проектировании крупных УОО, — выбор схемы предварительной подготовки воды, поскольку надежность работы установок и расход реагентов при их эксплуатации зависят от качества питающей воды. Известно несколько вариантов предварительной обработки питательной воды для мембранных систем [1].

Использование комбинированных водоподготовительных установок (КВПУ), где в качестве первой (наиболее нагруженной) ступени очистки умягченной воды применяется УОО, а вторая и третья ступень — ионитное обессоливание, может быть перспективным. Принципиальные схемы таких установок представлены на рис. 1.

Умягчение питательной воды для УОО можно осуществлять на слабокислотном катионите с низким удельным расходом кислоты на регенерацию (рис. 1, а). При этом вода имеет слабокислую реакцию, поэтому нет необходимости в подкислении на I ступени УОО. Однако такой метод применим только в том случае, если жесткость осветленной воды сопоставима с ее общей щелочностью (это обусловлено особенностями работы слабокислотного катионита).

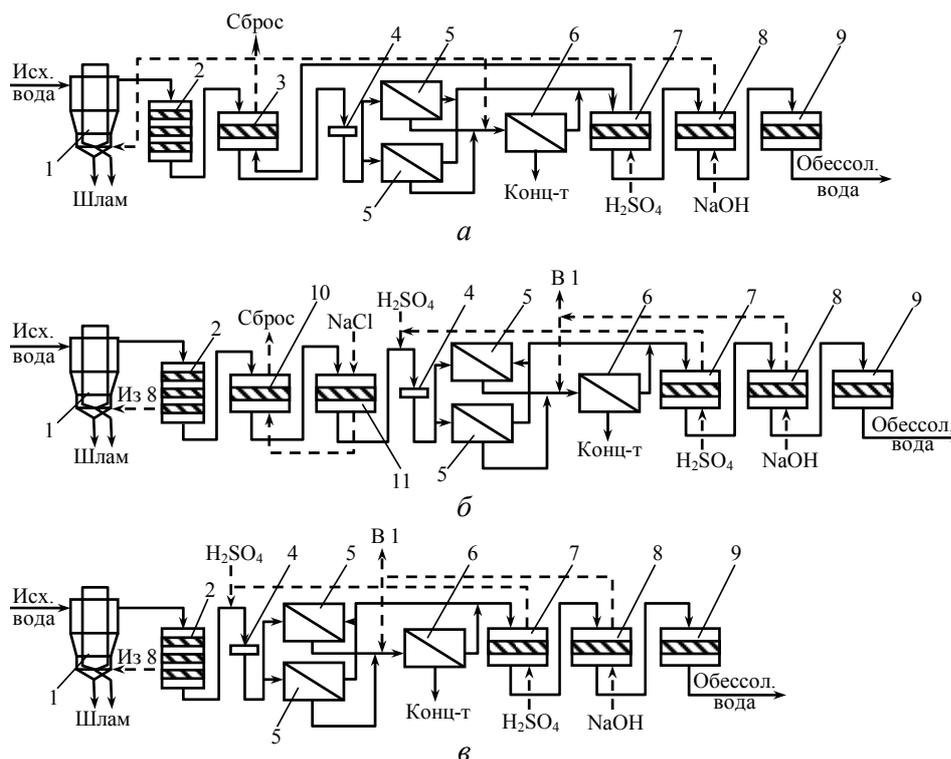


Рис. 1. Принципиальные схемы комбинированных водоподготовительных установок:
 1 — осветлитель, 2 — механический фильтр, 3 — H-катионитный фильтр (слабокислотный катионит),
 4 — фильтр тонкой очистки, 5 — УОО I ступени, 6 — УОО II ступени, 7 — H-катионитный фильтр
 (сильнокислотный катионит), 8 — OH-анионитный фильтр, 9 — фильтр смешанного действия (ФСД),
 10 — Na-катионитный фильтр I ступени, 11 — Na-катионитный фильтр II ступени

Для предупреждения выпадения карбонатных отложений на мембранах можно также применять подкисление осветленной воды (рис. 1, в). Однако в этом случае увеличиваются расходы на антискалянты, дозируемые в УОО.

Необходимо отметить, что экономически наиболее целесообразна схема с натрий-катионитным умягчением известкованной воды (рис. 1, б), позволяющая получить малые значения остаточной жесткости питательной воды, и, следовательно, снизить вероятность образования отложений на мембранах. Ее преимуществом является относительная дешевизна поваренной соли, необходимой для регенерации ионита. Однако высокое содержание солей в сточных водах такой КВПУ (в два и более раза выше по сравнению с традиционным химобессоливанием) делает данное техническое решение неприемлемым с экологической точки зрения.

При использовании крупных многоступенчатых установок обратного осмоса можно получить пермиат с содержанием солей, близким к фильтрату H- и OH- ионитных фильтров Пступени [1], что позволит на финишной стадии обессоливания использовать лишь ФСД. При рассматриваемой схеме подготовки воды потребление реагентов на ВПУ будет резко сокращено. Однако высокие требования к качеству добавочной воды парогенераторов сверхкритического давления на мощных тепловых электростанциях предполагают практически полное удаление анионов сильных кислот и всех форм угольной кислоты на первых двух ступенях очистки для последующего успешного удаления кремниевой кислоты на ФСД. Как известно, существующие мембраны не задерживают CO_2 , но имеют высокую селективность по HCO_3^- и CO_3^{2-} ионам [2...3]. Следовательно, для эффективной работы двухступенчатой УОО необходимо на II ступени поддерживать pH питательной воды ≥ 8 для перевода углекислого газа в ионы HCO_3^- и CO_3^{2-} . На I ступени применяется подкисление питательной воды до pH ≈ 5 во избежание заноса

мембран соединениями трехвалентного железа. В кислой среде железо находится в форме Fe^{2+} , неопасной с точки зрения образования осадка.

Для сравнения эффективности приведенных КВПУ выполнен технико-экономический расчет каждой установки по методике [1]. Производительность принималась равной $300 \text{ м}^3/\text{ч}$ обессоленной воды, расчет каждой установки производился для двух источников исходной воды солесодержанием 171 и $607 \text{ мг}/\text{дм}^3$. Учитывались удельные расходы кислоты, щелочи, поваренной соли, извести, соды, антискалантов, а также воды и электроэнергии. В результате получены значения эксплуатационных расходов КВПУ за месяц, включающие в себя стоимость реагентов, воды и электроэнергии по ценам на сентябрь 2008 г.

С учетом стоимости мембран и ионитов, срока службы мембран (2 года), катионита (10 лет), анионита (5 лет) эксплуатационные затраты в зависимости от схемы возрастают (рис. 2).

Как видно, комбинированные водоподготовительные установки с использованием обратного осмоса в качестве первой ступени обессоливания позволяют значительно сократить эксплуатационные расходы по обессоливанию воды и являются безальтернативной технологией при солесодержании обрабатываемой воды выше $550 \text{ мг}/\text{дм}^3$. Экономический эффект от применения УОО значительно увеличивается при использовании сбросных вод (биологически очищенных вод городов) за счет нулевой стоимости исходной воды. Существенным недостатком КВПУ с УОО является высокий расход воды на собственные нужды (25...40 % и больше) и проблемы сброса вод с повышенным (в 3...4 раза от исходного) солесодержанием [4].

Литература

1. Кишневський, В.П. Технології підготовки води в енергетиці: Підручник / В.П. Кишневський. — Одеса.: Фенікс, 2008. — 400 с.
2. Дытнерский, Ю.И. Обратный осмос и ультрафильтрация / Ю.И. Дытнерский. — М.: Химия, 1978. — 352 с.
3. Карелин, Ф.Н. Обессоливание воды обратным осмосом / Ф.Н. Карелин. — М.: Стройиздат, 1998. — 205 с.
4. Мамет, А.П. Сравнение экономичности ионитного и обратноосмотического обессоливания воды / А.П. Мамет, Ю.А. Ситняковский // Электр. станции. — 2002. — № 6. — С. 63 — 66.

Рецензент д-р техн. наук, проф. Одес. нац. политехн. ун-та Королев А.В.

Поступила в редакцию 3 декабря 2008 г.

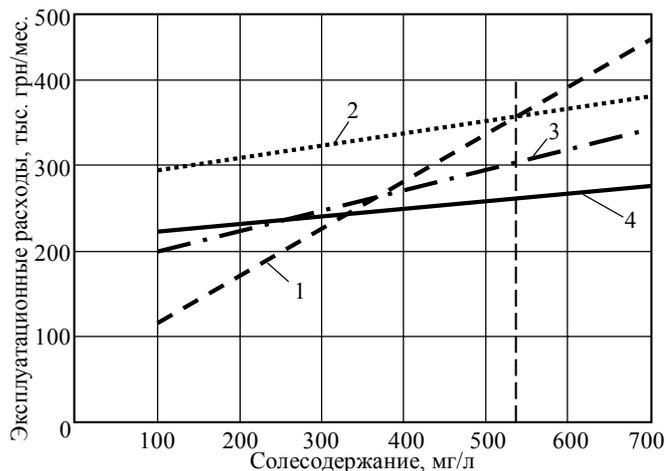


Рис. 2. Зависимость затрат на КВПУ производительностью $300 \text{ м}^3/\text{ч}$ от солесодержания исходной воды: 1 — трехступенчатое химобессоливание; 2 — схема КВПУ с содово-известковой обработкой воды и последующим ее подкислением; 3 — схема КВПУ с применением слабокислотного катионита; 4 — схема КВПУ с натрий-катионированием